

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРОМ О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (PCT)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:
23 октября 2003 (23.10.2003)

PCT

(10) Номер международной публикации:
WO 03/086982 A1

(51) Международная патентная классификация⁷:
C02F 1/463 // (C02F 1/463, 101:32)

(81) Указанные государства (национально): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, EC, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, L.C, L.K, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SI, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) Номер международной заявки: PCT/RU02/00563

(22) Дата международной подачи:
27 декабря 2002 (27.12.2002)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:
2002109766 16 апреля 2002 (16.04.2002) RU

(71) Заявители и

(72) Изобретатели: ДМИТРИЕВ Виктор Владимирович [RU/RU]; 107066 Москва, Токмаковский пер., д. 12/20, кв. 26 (RU) [DMITRIEV, Viktor Vladimirovich, Moscow (RU)]. АБРОСИМОВ Михаил Викторович [RU/RU]; Санкт-Петербург, Красносельское шоссе, д. 46/4, кв. 220 (RU) [ABROSI- MOV, Mikhail Viktorovich, St.Petersburg (RU)].

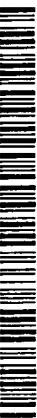
(74) Агент: ПАТЕНТНОЕ АГЕНТСТВО «ВЦПУ»;
111539 Москва, а/я 6 (RU) [PATENT AGENCY
«VCPU», Moscow (RU)].

(84) Указанные государства (регионально): ARIPO патент (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), сарайский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), патент ОАПИ (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, MI, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска бюллетеня PCT.



WO 03/086982 A1

(54) Title: METHOD FOR CLEANING POLLUTED WATER

(54) Название изобретения: СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

(57) Abstract: The inventive method for cleaning polluted water consists in carrying out an electrocoagulation process by means of repeated cycles. During each cycle, a batch of polluted water is supplied to an electrocoagulator, an initial pressure ranging from 0.01 to 0.1 mPa is produced above said batch of polluted water. Afterwards, during the coagulation process the pressure is raised to the range of 0.1 to 2.5 mPa. The batch of polluted water is evacuated, the pressure being reduced to the initial value. The cycles are repeated with a frequency ranging from 0.01 to 0.0001 Hz.

[Продолжение на след. странице]



(57) Реферат: Способ очистки загрязненных вод заключается в проведении процесса электрокоагуляции, который осуществляют повторяющимися циклами, при осуществлении каждого из которых в электрокоагулятор подают порцию загрязненной воды и сначала над поверхностью порции загрязненной воды создают первоначальное давление, лежащее в пределах от 0,01 до 0,1 мПа. Затем в процессе электрокоагуляции повышают давление до значений, лежащих в пределах от 0,1 до 2,5 мПа. После этого отводят порцию обработанной воды и снижают давление до первоначального значения, при этом указанные циклы повторяют с частотой, лежащей в пределах от 0,01 до 0,0001 Гц.

СПОСОБ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

Область техники

Настоящее изобретение относится к области очистки воды, а более точно касается способа очистки загрязненных вод, в том числе сточных вод и отходов промышленных предприятий.

Предшествующий уровень техники

В настоящее время проблема очистки загрязненных вод приобретает все большее значение. Как правило, все сточные воды содержат широкий спектр примесей, в том числе нефтепродукты, и определить преобладающее содержание какого-либо компонента достаточно сложно.

Известные в настоящее время методы очистки загрязненных вод обеспечивают либо низкую степень очистки воды при достаточной производительности способа, либо достаточно высокую степень очистки, но только в отношении отдельных примесей, либо высокую производительность при удовлетворительном качестве, но с высокими энергетическими и экономическими затратами.

Одним из самых распространенных способов очистки загрязненных вод является процесс электрокоагуляции, который осуществляют в непрерывном потоке очищаемой воды.

Известен электрокоагуляционный способ очистки отработанной воды (заявка WO 99/26887), заключающийся в том, что в электрокоагулятор, представляющий собой герметичную емкость, в которой вдоль движения загрязненной жидкости установлены электроды, в непрерывном режиме подают загрязненную воду.

Известен также способ электролитической обработки загрязненной воды (US 5,531,865 A), заключающийся в том, что предварительно

осуществляют осаждение крупных частиц примесей и проводят процесс электрокоагуляции загрязненной воды.

Под действием приложенного напряжения между электродами создается поток ионов, которые соединяются со взвешенными частицами и образуют хлопья, оседающие в нижнюю часть емкости электрокоагулятора.

В процессе электрокоагуляции происходит пассивация пластин электродов и уменьшение потока ионов, что приводит к снижению эффективности очистки загрязненных вод.

Известна группа методов очистки загрязненных вод, в которых процесс электрокоагуляции осуществляют под вакуумом при непрерывной подаче загрязненной воды в электрокоагулятор. После завершения процесса электрокоагуляции осуществляют дополнительные физические и/или химические воздействия, направленные на повышение качества очищенной воды.

Согласно одному из известных способов очистки нефтезагрязненных сточных вод (патент РФ № 2146655) осуществляют электрокоагуляцию под вакуумом, после чего воду подвергают сепарации в ИК-спектре с удельной мощностью нагрева $0,1\text{--}10,0 \text{ кВт/м}^3$ и при давлении 0,002-0,07 мПа.

В процессе электрокоагуляции под вакуумом повышается степень дестабилизации коллоидной системы за счет изменения давления нефтепродуктов. При этом снижается растворимость нефтепродуктов в воде и происходит выделение углеводородов с образованием оптически неоднородной жидкости, состоящей из основной фазы (воды) и мелкодисперсной гетерогенной фазы с существенно различными коэффициентами поглощения излучения ИК-спектра. Мелкодисперсная фаза углеводородов интенсивно нагревается за счет поглощения излучения ИК спектра с последующим перегревом воды в вакууме до образования паровой фазы на межфазной границе вода - углеводороды вокруг частиц углеводородов. При этом в воде

остаются углеводороды, обладающие высокой степенью растворимости, удаление которых достигается последующим озонированием.

Однако в процессе электроагрегации происходит уменьшение тока коагуляции в зависимости от времени работы электродов, выполненных в виде пластин, иными словами, происходит «пассивация» пластин. По общепринятым мнениям считается, что пассивация происходит за счет появления оксидной пленки на поверхности пластин, что приводит к увеличению сопротивления и, следовательно, к уменьшению тока коагуляции, приводящего в результате к снижению эффективности всего процесса очистки сточных вод.

Также известен способ очистки нефтесодержащих сточных вод (патент РФ № 2140880), заключающийся в том, что осуществляют электроагрегацию под вакуумом, после чего последовательно при давлении 0,002 – 0,07 мПа проводят сепарацию воды в гравитационном поле при отношении площади вакуумируемой поверхности воды к ее объему 0,2 – 1,0 и флотацию в поле электромагнитного излучения ИК – спектра при длине волны $8 \cdot 10^{-7} – 5 \cdot 10^{-5}$ м.

При проведении сепарации в гравитационном поле нефтезагрязненных сточных вод, содержащих взвеси, твердые частицы и углеводороды с существенно различающимися удельными весами и отличными от удельного веса воды, происходит формирование потоков масс выделяемых примесей в противоположных направлениях. Тяжелые примеси (взвеси, песок и т.п.) движутся в объеме воды в направлении поля гравитации и собираются на дне с помощью известных приспособлений, а легкие примеси собираются на поверхности воды.

После сепарации воды от примесей с различными удельными весами проводят флотацию в поле электромагнитного излучения ИК-спектра и выделение примесей с близкими по значению удельных весов, но с различными теплофизическими свойствами, отличными от свойств воды. Сущность флотационной обработки состоит в том, что мелкодисперсная

гетерогенная фаза интенсивно нагревается за счет поглощения энергии магнитного поля в указанном диапазоне длин волн ИК спектра до температуры, обеспечивающей перегрев воды с образованием паровой фазы на межфазной границе.

Для описанного способа очистки также характерно снижение тока коагуляции, приводящего, как и в описанном ранее способе, к снижению эффективности процесса очистки.

Также известен способ очистки нефтесодержащих сточных вод (патент РФ № 2120411), являющийся наиболее близким техническим решением и заключающийся в том, что проводят электрокоагуляцию сточных вод, которую осуществляют при давлении над поверхностью воды от 0,01 до 0,05 мПа, а затем пропускают воду через сорбент, в качестве которого используют полиакриламидное волокно. Для повышения степени очистки в описанном способе на его заключительной стадии осуществляют озонирование воды.

Как было отмечено выше, сточные воды содержат примеси, различающиеся по удельному весу и теплофизическим свойствам. Указанный способ имеет ограниченную сферу применения, т.к. в нем не предусмотрено дифференцированного воздействия на различные примеси, что приводит к недостаточно высокой эффективности очистки сточных вод. Поэтому этот способ может быть применен к сточным водам, состав которых известен и достаточно стабилен.

Кроме того, использование в качестве сорбента полиакриламидного волокна требует частой остановки процесса и замены сорбента, т.к. полиакриламидное волокно является расходуемым материалом и в процессе эксплуатации само становится источником вторичного загрязнения.

Озонирование является малоэффективной операцией для очистки, однако затраты на ее проведение весьма существенны, что приводит к удорожанию технологии при недостаточно высокой степени очистки и малой производительности оборудования.

Наряду с перечисленными выше особенностями способа имеет место снижение эффективности очистки сточных вод, обусловленное пассивацией работы пластин в процессе электроагрегации, о чем было подробно сказано выше.

Как и в описанных ранее известных способах электроагрегацию осуществляют при постоянном давлении в непрерывном потоке очищаемой воды.

Раскрытие изобретения

В основу изобретения положена задача разработать способ очистки загрязненных вод, в котором за счет поддержания тока коагуляции на заданном уровне достигалась бы стабилизация процесса электроагрегации, что обеспечивало бы высокую степень очистки загрязненных вод для широкого спектра содержащихся в них примесей.

Поставленная задача решается тем, что в способе очистки загрязненных вод, включающем электроагрегацию названных вод, согласно изобретению, процесс электроагрегации осуществляют повторяющимися циклами, при осуществлении каждого из которых в электроагрегатор подают порцию загрязненной воды, над поверхностью которой создают первоначальное давление, лежащее в пределах от 0,01 до 0,1 мПа, и осуществляют электроагрегацию, а затем повышают давление до значений, лежащих в пределах от 0,1 до 2,5 мПа, после чего отводят порцию обработанной воды и снижают давление до первоначального значения, при этом указанные циклы повторяют с частотой, лежащей в пределах от 0,01 до 0,0001 Гц.

За счет циклического изменения давления в процессе электроагрегации происходит очистка пластины анода от прилипания электролизного газа, что приводит к исключению процесса пассивации анода

и стабилизации величины тока коагуляции на уровне значения, имеющего место в начале процесса электроагуляции.

По сравнению с известным способом, в котором пассивация анода происходит в среднем через трое суток непрерывной работы установки, в предлагаемом способе ток коагуляции уменьшается лишь на 10%, что позволяет повысить производительность установки без ухудшения качества очищенной воды.

Целесообразно, чтобы после электроагуляции осуществляли гравитационную сепарацию обработанной воды при давлении 0,1-2,5 мПа или осуществляли сепарацию обработанной воды в ИК - спектре электромагнитного излучения с удельной мощностью нагрева $0,1 \div 10 \text{ кВт/м}^3$.

Указанные технологические приемы, осуществляемые после процесса электроагуляции с изменяющимся давлением, позволяют получить заданные показатели очистки загрязненной воды в 5-6 раз быстрее, чем в известных способах.

Краткое описание чертежей

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных вариантов его выполнения, примерами и сопровождающими чертежами, на которых:

Фиг.1 изображает график изменения давления в процессе электроагуляции;

Фиг.2 - график изменения тока коагуляции в процессе электроагуляции.

Лучший вариант осуществления изобретения

Патентуемый способ очистки загрязненных вод осуществляется следующим образом.

В электрокоагулятор, представляющий собой герметичную емкость с установленными в ее нижней части электродами, с помощью вакуумного насоса подают порцию загрязненной воды, над поверхностью которой создают первоначальное давление, величина которого лежит в пределах от 0,01 до 0,1 мПа.

Затем начинают электрокоагуляцию, в процессе которой повышают давление над поверхностью порции загрязненной воды до значения, величина которого лежит в пределах от 0,1 до 2,5 мПа.

Минимальное значение давления определяется технологическими возможностями вакуумного оборудования, а максимальное значение - прочностными характеристиками оборудования технологической установки.

В том случае, если осуществляют очистку сильно загрязненных вод, то минимальное значение первоначального давления устанавливают 0,01 мПа, а максимальное - 0,1 мПа. При очистке слабо загрязненных вод минимальное значение давления выбирают равным 0,1 мПа, а максимальное - 2,5 мПа.

Оптимальные значения нижнего и верхнего значений давления определяются экспериментально для конкретного типа загрязненных вод.

После достижения максимального значения давления осуществляют отвод порции обработанной воды из электрокоагулятора, завершая один цикл процесса очистки.

Затем вновь понижают давление в электрокоагуляторе до первоначального значения и повторяют процесс в описанной выше последовательности.

Таким образом, в отличие от известных способов, патентуемый способ осуществляется повторяющимися циклами, в каждом из которых при обработке одной порции загрязненной воды давление изменяют от минимального до максимального, что иллюстрируется графиком, приведенным на фиг.1.

Известно, что в процессе электроагуляции происходит укрупнение содержащихся в загрязненных водах частиц примесей и оседание их в нижнюю часть емкости, а также уменьшение тока коагуляции в зависимости от времени работы электродов.

Как было описано выше, считается, что снижение тока коагуляции происходит за счет появления оксидной пленки на поверхности пластин, приводящей к увеличению электрического сопротивления.

Однако, авторами экспериментально была установлена и иная причина уменьшения тока коагуляции, которая в большей степени влияет на эффективность процесса очистки загрязненных вод, чем появление на поверхности электродов оксидной пленки.

Это объясняется тем, что перед началом процесса электроагуляции пластины анода и катода гладкие; в процессе эксплуатации пластина анода вырабатывается, причем неравномерно, и ее поверхность становится шероховатой. За счет электролиза воды во впадинах образуются пузырьки газа, которые создают газовую завесу и частично отделяют поверхность анода от воды. В связи с тем, что проводимость газа существенно меньше проводимости воды, а также за счет уменьшения активной площади поверхности анода происходит снижение тока коагуляции.

При низком давлении над поверхностью воды происходит увеличение пузырьков газа. Эти пузырьки увеличиваются в объеме, приобретают большую плавучесть и отрываются от поверхности анода. Таким образом поверхность анода очищается и его активная площадь увеличивается, что приводит к повышению тока коагуляции.

Через определенное время вновь начинается активное образование пузырьков газа, приводящее к уменьшению тока коагуляции.

Для исключения указанного эффекта увеличивают давление, что приводит к сжиманию пузырьков воздуха, и, как следствие, - к увеличению активной площади анода.

За счет циклического изменения давления происходит очистка пластины анода от прилипания электролизного газа, что приводит к исключению процесса пассивации анода и стабилизации величины тока коагуляции на уровне значения, имеющего место в начале процесса электрокоагуляции.

Частота изменения давления определяется производительностью установки и контролируется по значению тока коагуляции - чем выше производительность установки, тем больше частота изменения давления.

Экспериментально установлено, что частота изменения давления лежит в пределах от 0,01 до 0,0001 Гц.

При значении давления ниже 0,01 мПа происходит интенсивное газовыделение, что существенно изменяет динамику движения потоков при массопереносе частиц примесей, т.к. коэффициент газонаполнения выше 0,3.

При значении давления выше 2,5 мПа практически не происходит удаление газов, что останавливает процессы окисления-восстановления в приэлектродном пространстве.

Для иллюстрации преимуществ предлагаемого способа на фиг.2 приведен график изменения плотности тока коагуляции в зависимости от времени работы установки, на котором приведены кривые изменения плотности тока в соответствии с предлагаемым способом (сплошная линия) и в соответствии с способом по прототипу (пунктирная линия). По оси ординат отложены значения плотности тока коагуляции $\rho = J_k/S_p$, где J_k – ток коагуляции, S_p – площадь пластины электрода.

Как видно из приведенного графика, пассивация анода происходит через 3,5 суток непрерывного проведения способа, в то время как в соответствии с предлагаемым способом за указанное время плотность тока коагуляции уменьшается всего на 10%, что наглядно доказывает преимущества предлагаемого способа по сравнению с известными.

В соответствии с предлагаемым способом после электрокоагуляции проводят гравитационную сепарацию воды при давлении

0,1-2,5 мПа или осуществляют сепарацию воды в ИК-спектре электромагнитного излучения с удельной мощностью нагрева $0,1\div10 \text{ кВт/м}^3$.

Первую из названных операций осуществляют в том случае, если имеются достаточные емкости для длительного отстаивания воды после проведения электрокоагуляции.

В том случае, если процесс сепарации необходимо ускорить, используют вторую из названных операций. При этом для создания поля электромагнитного излучения ИК-спектра используют кварцевые термоизлучатели, формирующие лучистый поток в области инфракрасного излучения при длинах волн, наиболее эффективно воздействующих на процесс флотации и обеспечивающие максимальный коэффициент поглощения энергии излучения для мелкодисперсной гетерогенной фазы и минимальный для воды.

Для сравнительного анализа предлагаемого и известного способов ниже приводятся результаты испытания процесса очистки загрязненных вод одинакового состава в адекватных условиях.

В таблице 1 представлены результаты сравнительных испытаний способов очистки нефтесодержащих сточных вод.

Таблица 1

Способ	Содержание нефтепродуктов, мг/л				
	исходное	после электрокоагу- ляции	после гравитационного разделения		
			1 час	2 час	12 час
Предлагаемый	10±2	0,5±0,2	0,4±0,1	0,3±0,1	0,05±0,01
	Прототип	10±2	1,1±0,3	0,9±0,2	0,7±0,2
Предлагаемый	3000±30	0,6±0,3	0,5±0,1	0,3±0,1	0,05±0,01
	Прототип	3000±30	1,7±0,3	1,2±0,3	1,0±0,2

Из таблицы 1 видно, что предлагаемый способ позволяет осуществлять очистку вод с относительно небольшой степенью загрязненности (например, ливневые стоки от АЗС, являющиеся основным ориентиром для оценки эффективности способов очистки), так и сильно загрязненных вод (например, льяльные стоки судов). Содержание нефтепродуктов после гравитационного разделения в соответствии с предлагаемым способом достигает величины 0,3 мг/л через 2 часа, в то время, в соответствии с прототипом такие же показатели достигаются через 12 часов. При этом для сильно загрязненных вод в соответствии с прототипом степень очистки 0,05 мг/л вообще не достигается.

В таблице 2 результаты очистки нефтесодержащих сточных вод при различных давлениях.

Таблица 2

Давление над поверхностью воды, мПа		Содержание нефтепродуктов, мг/л				
		исходное	после электроагуляции	после гравитационного разделения		
				1 час	2 час	12 час
Прототип	0,01	10±2	2,1±0,3	0,5±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1
	0,02		1,1±0,3	0,6±0,1	0,4±0,1	0,2±0,1
	0,05		1,3±0,3	0,7±0,1	0,5±0,1	0,2±0,1
	0,1		2,0±0,3	1,2±0,1	0,7±0,1	0,5±0,1
Предлагаемый способ	0,01±0,1	10±2	1,7±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1	0,15±0,01
	0,02±0,1		0,8±0,1	0,5±0,1	0,3±0,1	0,05±0,01
	0,05±0,1		0,9±0,1	0,5±0,1	0,4±0,1	0,1±0,01
	0,05±0,25		1,8±0,1	0,7±0,1	0,5±0,1	0,2±0,1

Как видно из приведенной таблицы 2, через 12 часов гравитационного разделения показатели по предлагаемому способу в 2 раза выше, чем по известному способу. При этом наилучшие показатели достигаются при значении давления в начале процесса 0,05 мПа.

В таблице 3 приведены результаты очистки загрязненных вод при различных давлениях.

Таблица 3

Давление над поверхностью воды, мПа		Содержание взвешенных веществ, мг/л				
		исходное	после электрокоагуляции	после гравитационного разделения		
				1 час	2 час	12 час
Прототип	0,01	120	115	8,0	5,0	3,5
	0,02		112	6,4	4,1	3,1
	0,05		118	11,2	7,3	4,4
	0,1		112	12,0	8,4	4,7
Предлагаемый способ	0,01÷0,1	120	114	5,3	4,2	<2,0
	0,02÷0,1		112	4,1	3,3	<2,0
	0,05÷0,1		118	5,7	4,4	2,6

Как видно из приведенных результатов испытаний, после 12 часов гравитационного разделения воды по предлагаемому способу выявляются только следы примесей (<2,0 мг/л), в то время как по известному способу содержание примесей приближается к 5 мг/л.

Таким образом, благодаря циклическому изменению давления в процессе электрокоагуляции повышается производительность способа при достижении высоких показателей по очистке загрязненных вод.

Промышленная применимость

Настоящее изобретение может быть использовано для очистки загрязненных вод различного происхождения, например, таких как нефтезагрязненные воды; технологические воды, используемые при бурении, добыче и переработке нефти и газа; технологические воды, используемые при мытье транспортных средств для перевозки нефтепродуктов и органических соединений (цистерны, суда-танкеры); технологические воды, используемые для мытья подвижного железнодорожного состава; технологические воды, используемые на промышленных, пищевых, текстильных, кожевенных

производствах; дренажные воды в транспортных тоннелях метрополитенов; сточные и ливневые воды на станциях мойки автомобилей и на предприятиях; сточные воды на теплоходах и судах речного и морского флота; природные нефтезагрязненные воды. Кроме того, настоящее изобретение может быть использовано в водоподготовке для технологических нужд предприятий, жилых домов, судов речного и морского флота и питьевого водоснабжения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ очистки загрязненных вод, заключающийся в том, что осуществляют электрокоагуляцию загрязненных вод, которую осуществляют повторяющимися циклами,

при осуществлении каждого цикла электрокоагуляции в электрокоагулятор подают порцию загрязненной воды,

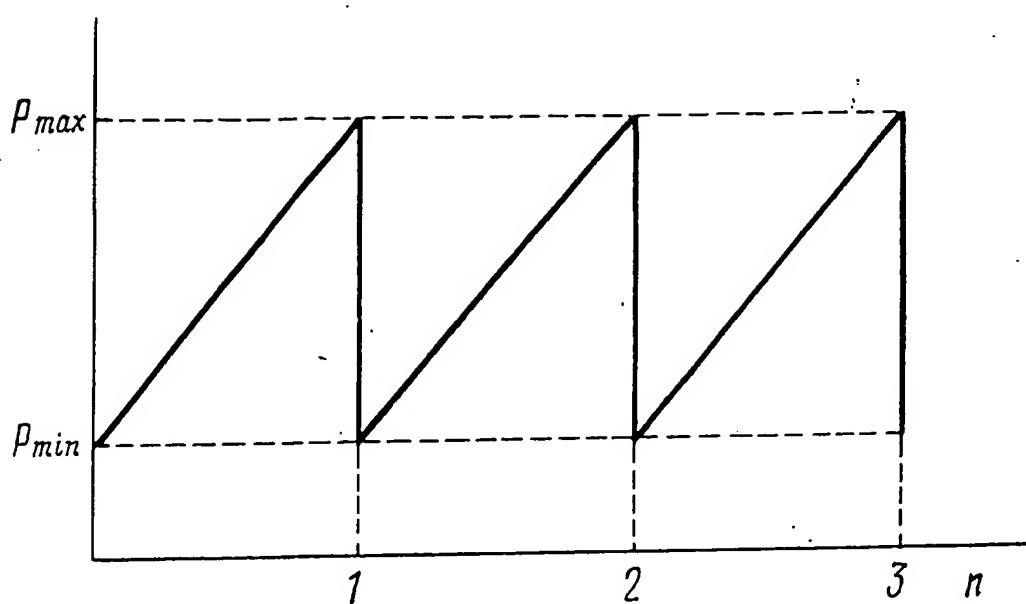
над поверхностью порции загрязненной воды создают первоначальное давление, лежащее в пределах от 0,01 до 0,1 мПа, и осуществляют электрокоагуляцию, в процессе которой над поверхностью порции загрязненной воды повышают давление до значений, лежащих в пределах от 0,1 до 2,5 мПа, а затем отводят порцию обработанной воды и снижают давление до первоначального,

при этом указанные циклы повторяют с частотой, лежащей в пределах от 0,01 до 0,0001 Гц.

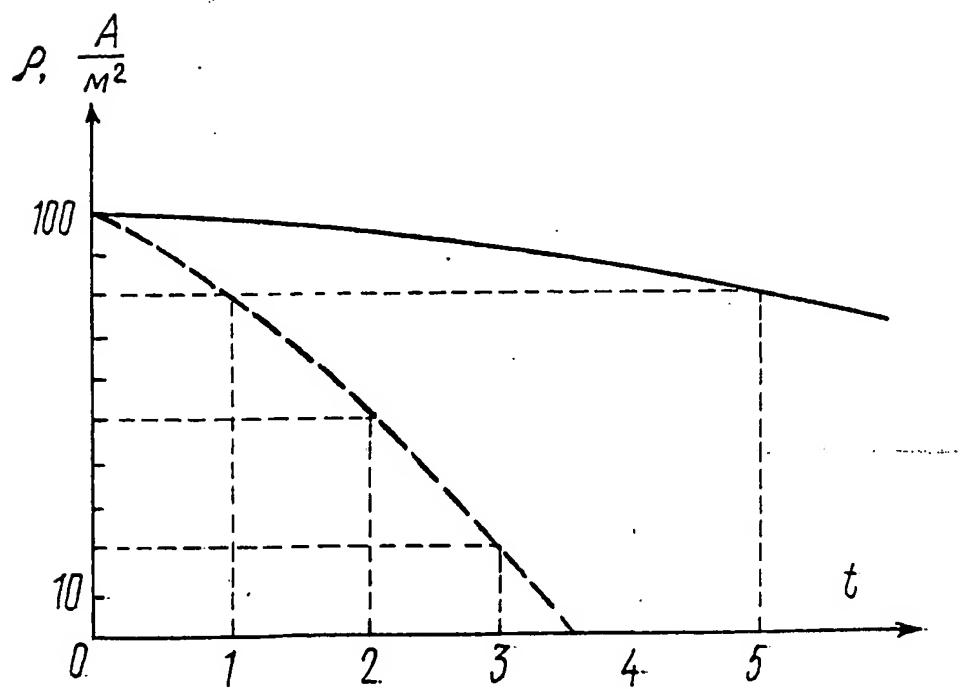
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что после проведения процесса электрокоагуляции осуществляют гравитационную сепарацию обработанной воды при давлении 0,1-2,5 мПа.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что после проведения процесса электрокоагуляции осуществляют сепарацию обработанной воды в ИК - спектре электромагнитного излучения с удельной мощностью нагрева $0,1 \div 10 \text{ кВт/м}^3$

1/1



Фиг.1



Фиг.2